

**PERANCANGAN *MOBILE ROBOT* DENGAN  
KEMAMPUAN PEMETAAN DAN SISTEM KENDALI  
*TELEOPERATION* SECARA *WIRELESS***

**SKRIPSI**

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat guna mencapai gelar  
Sarjana dalam bidang ilmu Teknik Industri

Disusun oleh:

Nama : Ray Paulus Taniel

NPM : 2014610007



**JURUSAN TEKNIK INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
BANDUNG  
2018**

**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
BANDUNG**



Nama : Ray Paulus Tanel  
NPM : 2014610007  
Program Studi : Teknik Industri  
Judul Skripsi : PERANCANGAN *MOBILE ROBOT* DENGAN KEMAMPUAN  
PEMETAAN DAN SISTEM KENDALI *TELEOPERATION*  
SECARA *WIRELESS*

**TANDA PERSETUJUAN SKRIPSI**

Bandung, Juli 2018

**Ketua Program Studi Teknik Industri**

(Dr. Carles Sitompul, S.T., M.T., M.I.M.)

Dosen Pembimbing I,

Dosen Pembimbing II,

(Dr. Ir. Bagus Arthaya, M.Eng)

(Romy Lince, S.T., M.T.)



Jurusan Teknik Industri  
Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Katolik Parahyangan



## **Pernyataan Tidak Mencontek atau Melakukan Tindakan Plagiat**

Saya, yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Ray Paulus Taniel

NPM : 2014610007

dengan ini menyatakan bahwa skripsi dengan judul :

**“PERANCANGAN *MOBILE ROBOT* DENGAN KEMAMPUAN PEMETAAN DAN  
SISTEM KENDALI *TELEOPERATION SECARA WIRELESS*”**

adalah hasil pekerjaan saya dan seluruh ide, pendapat atau materi dari sumber lain telah dikutip dengan cara penulisan referensi yang sesuai.

Pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya dan jika pernyataan ini tidak sesuai dengan kenyataan, maka saya bersedia menanggung sanksi yang akan dikenakan kepada saya.

Bandung, 27 Juli 2018

Ray Paulus Taniel  
2014610007

## ABSTRAK

Dewasa ini perkembangan teknologi telah meningkat dengan pesat sehingga tercipta berbagai macam alat yang dapat membantu manusia dalam melaksanakan kegiatannya. Salah satu alat mekanik yang diciptakan untuk membantu pekerjaan manusia adalah robot. Peran manusia dalam melakukan pekerjaan fisik dapat digantikan oleh *mobile robot*. Penelitian mengenai *mobile robot* telah dilakukan pada Program Studi Teknik Industri Universitas Katolik Parahyangan sebelumnya, dimana masih terdapat beberapa kekurangan pada hasil penelitian tersebut. Untuk memperbaiki kekurangan pada penelitian sebelumnya dilakukan penelitian lebih lanjut berdasarkan hasil penelitian tersebut.

Penelitian dilakukan dengan mengembangkan rancangan fisik dari penelitian sebelumnya dan merancang algoritma untuk diterapkan pada *mobile robot*. Rancangan fisik *mobile robot* dibuat dengan mengembangkan model fisik penelitian sebelumnya menggunakan sensor, alat kendali, dan sumber tenaga untuk aktuator. Rancangan algoritma dibuat dalam tiga tahap yaitu perancangan algoritma sistem kendali, algoritma penangkapan gambar digital, dan algoritma pemetaan dan pengukuran. Uji coba rancangan *mobile robot* dilakukan sebanyak satu kali untuk fungsi pengenalan kondisi lorong dan enam kali untuk fungsi pemetaan dan pengukuran dengan enam macam denah berbeda.

Dari hasil perancangan yang dilakukan, didapatkan *mobile robot* dengan fungsi sistem kendali jarak jauh menggunakan metode *teleoperation* secara *wireless* yang dilengkapi fungsi keamanan, fungsi penangkapan gambar digital yang dilengkapi dengan pengenalan kondisi lorong, dan fungsi pemetaan dan pengukuran lingkungan. Dari hasil uji coba pada sistem lorong dapat diketahui fungsi pengenalan kondisi lorong dari penelitian sebelumnya masih belum dapat diterapkan sepenuhnya. Dari hasil uji coba pada denah pemetaan didapat hasil berupa peta dua dimensi dengan bentuk yang hampir serupa dengan denah aktual.

## **ABSTRACT**

*Today the development of technology has increased rapidly so as to create various tools that can help humans in carrying out its activities. One of the mechanical tools created to assist human work is the robot. The role of humans in doing physical work can be replaced by mobile robot. Research on mobile robot has been done on Industrial Engineering Study Program of Catholic University of Parahyangan before, where there are still some deficiencies in the research result. To correct the deficiencies in previous research, further research is done based on the results of the study.*

*Research is done by developing the physical design of previous research and designing algorithms to be applied to mobile robot. The mobile robot physical design was created by developing a physical model of previous research using sensors, control devices, and power sources for actuators. The design of the algorithm is made in three stages are design of control system algorithm, digital image capture algorithm, and mapping and measurement algorithm. Mobile robot design trials were conducted once for the hallway recognition function and six times for mapping and measurement functions with six different floor plans.*

*The design result is a mobile robot with remote control system function using wireless teleoperation method with security function, digital image capture function with introduction of alley condition, and environmental mapping and measurement function. From the experiment result on alley system can be known the function of introduction of hallway condition from previous research still can not be applied fully. From the results of the experiment on the map mapping results obtained in the form of two-dimensional map with a form that is almost similar to the actual plan.*

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan pada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya dalam penyelesaian Tugas Sarjana dengan judul “Perancangan *Mobile Robot* Dengan Kemampuan Pemetaan dan Sistem Kendali *Teleoperation Secara Wireless*”. Tugas Sarjana ini disusun untuk memenuhi syarat guna mencapai gelar sarjana di Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Katolik Parahyangan Bandung. Penulisan Tugas Sarjana ini dapat diselesaikan oleh bantuan yang sangat besar dari banyak pihak. Oleh karena itu penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Keluarga penulis yang selalu memberikan motivasi, dorongan, dan doa dalam keberjalanan selama perkuliahan dan pengerjaan Tugas Sarjana.
2. Dr. Ir. Bagus Arthaya, M.Eng dan Romy Loice, S.T., M.T. selaku pembimbing utama dan pembimbing pendamping atas tenaga dan waktu dalam memberikan bimbingan, pengarahan, dan semangat pada penulis selama penyelesaian Tugas Sarjana.
3. Hanky Fransiscus, S.T., M.T. dan Yansen Theopilus, S.T., M.T. selaku dosen penguji utama dan dosen penguji pendamping atas saran dalam sidang Tugas Sarjana.
4. Wandu Prasetia, Theo Aditya, dan Kevin Arta yang membantu penulis dalam proses penyelesaian Tugas Sarjana.
5. Felick Kurnia, S.T. dan Henry Dharmawan, S.T. selaku teman seperjuangan penulis yang menemani dan menghibur penulis ketika bimbingan dan selama proses penyelesaian Tugas Sarjana
6. Herry Kristianto, Silviana Johanna, Christian Tanujaya dan segenap teman-teman bermain penulis dan seperjuangan selama menempuh studi di Teknik Industri UNPAR atas dukungan dan bantuan yang telah diberikan.
7. Yosef Ivander, Jovita Susanto, Reina Marcelline dan segenap teman-teman SMA tim penulis yang menghibur dan memberikan dukungan kepada penulis.

8. Oetomo, S.T., M.T., Faisal Wahab, S.Pd., M.T., Ali Sadiyoko, S.T., M.T. dan seluruh staf dosen mekatronika UNPAR yang menyediakan sarana dan prasarana serta memberikan masukan dan saran selama penyelesaian Tugas Sarjana.
9. Jonathan, Thomas, Avicenna dan seluruh mahasiswa Teknik Mekatronika UNPAR yang membantu penulis mempelajari teknik dasar mekatronika selama penyelesaian Tugas Sarjana.
10. Segenap tim pekarya fakultas Teknologi Industri UNPAR yang membantu penulis dalam meminjam ruangan lab dan meminjam lorong gedung 10 untuk uji coba selama penyelesaian Tugas Sarjana.

Dengan dibuatnya makalah ini penulis berharap dapat memberikan inspirasi dan manfaat bagi umat manusia, khususnya dalam penelitian lebih lanjut mengenai *mobile robot*. Penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dalam penyusunan Tugas Sarjana ini untuk perbaikan lebih lanjut.

Bandung, Juli 2018

Ray Paulus Taniel

## DAFTAR ISI

<b>ABSTRAK</b> .....	i
<b>ABSTRACT</b> .....	ii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	v
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	vii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	ix
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	I-1
I.1 Latar Belakang .....	I-1
I.2 Identifikasi dan Rumusan Masalah .....	I-3
I.3 Pembatasan Masalah dan Asumsi.....	I-11
I.4 Tujuan Penelitian.....	I-12
I.5 Manfaat Penelitian.....	I-12
I.6 Metodologi Penelitian .....	I-12
I.7 Sistematika Penulisan .....	I-15
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	II-1
II.1 Robot.....	II-1
II.1.1 Jenis Robot .....	II-1
II.1.2 Alat Gerak Robot.....	II-2
II.1.3 Robot <i>Vision</i> .....	II-4
II.2 Arduino .....	II-4
II.3 Sensor.....	II-5
II.3.1 Sensor <i>Ultrasonic</i> .....	II-6
II.3.2 Sensor <i>Optocoupler</i> .....	II-7
II.3.3 <i>Incremental Rotary Encoder</i> .....	II-7
II.4 Motor DC.....	II-8
II.5 MATLAB.....	II-9
II.6 <i>Teleoperation</i> .....	II-9
II.7 <i>Digital Image Processing</i> Dengan MATLAB.....	II-10
II.8 Efek Doppler.....	II-11

<b>BAB III PERANCANGAN <i>MOBILE ROBOT</i></b> .....	III-1
III.1 Fungsi Kerja <i>Mobile Robot</i> .....	III-1
III.2 Perancangan Perangkat Keras .....	III-5
III.3 Perancangan Algoritma .....	III-16
III.3.1 Algoritma Sistem Kendali .....	III-18
III.3.1.1 <i>Input</i> Perintah Gerak .....	III-19
III.3.1.2 Eksekusi Perintah Gerak .....	III-20
III.3.1.3 Pembuatan Fungsi Keamanan .....	III-32
III.3.1.4 Pengukuran Jarak .....	III-35
III.3.2 Algoritma Penangkapan Gambar Digital .....	III-36
III.3.2.1 <i>Input</i> Data Gambar Digital Melalui <i>Webcam</i> .....	III-36
III.3.2.2 Pembagian Gambar Digital Menjadi Dua Kuadran ...	III-38
III.3.2.3 Penentuan Kondisi Setiap Kuadran .....	III-39
III.3.2.4 Penentuan Kondisi Lorong .....	III-42
III.3.3 Algoritma Pemetaan dan Pengukuran .....	III-43
III.3.3.1 Penggambaran Posisi Robot .....	III-46
III.3.3.2 Pemetaan Objek .....	III-48
III.3.3.3 Pembuatan Peta Dua Dimensi .....	III-54
III.3.4 Pemasangan Algoritma Pada Robot .....	III-55
III.4 Uji Coba <i>Mobile Robot</i> .....	III-56
<b>BAB IV ANALISIS</b> .....	IV-1
IV.1 Analisis Pemilihan <i>Hardware</i> .....	IV-1
IV.2 Analisis Perancangan Algoritma .....	IV-5
IV.2.1 Algoritma Sistem Kendali .....	IV-5
IV.2.2 Algoritma Penangkapan Gambar Digital .....	IV-6
IV.2.3 Algoritma Pemetaan dan Pengukuran .....	IV-8
IV.3 Analisis Hasil Uji Coba .....	IV-9
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	V-1
V.1 Kesimpulan .....	V-1
V.2 Saran .....	V-2
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR TABEL

Tabel III.1	Data Uji <i>Encoder Disc</i> .....	III-9
Tabel III.2	<i>Input dan Output</i> BTS9760 .....	III-19
Tabel III.3	Tabel Data PWM Perintah Gerak .....	III-32
Tabel III.4	Kondisi Kuadran .....	III-41
Tabel III.5	Kemungkinan Jenis Kondisi Lorong.....	III-42

## DAFTAR GAMBAR

Gambar I.1 <i>Teleoperation Mining</i> .....	I-4
Gambar I.2 Kronologi Penelitian .....	I-9
Gambar I.3 Metodologi Penelitian.....	I-15
Gambar II.1 <i>Wheels Robot</i> .....	II-3
Gambar II.2 <i>Track Robot</i> . .....	II-3
Gambar II.3 Bentuk Fisik Arduino .....	II-5
Gambar II.4 Transmitter Sensor <i>Ultrasonic</i> .....	II-7
Gambar II.5 <i>Rotary Encoder Disc</i> .....	II-8
Gambar II.6 Bentuk Fisik Motor DC .....	II-9
Gambar II.7 <i>Environment</i> Pada <i>Teleoperation</i> .....	II-10
Gambar III.1 Contoh Sistem Lorong.....	III-2
Gambar III.2 Diagram Fungsi Keseluruhan <i>Mobile Robot</i> .....	III-3
Gambar III.3 Diagram Fungsi Sub Sistem <i>Mobile Robot</i> .....	III-5
Gambar III.4 Rangka Fisik <i>Mobile Robot</i> .....	III-5
Gambar III.5 Roda dan Motor DC .....	III-6
Gambar III.6 Sensor <i>Ultrasonic</i> HC-SR04.....	III-7
Gambar III.7 Sensor <i>Optocoupler</i> LN393 dan <i>Encoder Disc</i> .....	III-8
Gambar III.8 CAD <i>Encoder Disc</i> .....	III-8
Gambar III.9 Perangkat Keras <i>Omnidirectional Vision Sensor</i> .....	III-9
Gambar III.10 Tingkatan Sistem Kendali.....	III-10
Gambar III.11 H-bridge BTS9760 .....	III-11
Gambar III.12 Skema Diagram Arduino Uno.....	III-11
Gambar III.13 Skema Diagram Arduino Mega .....	III-12
Gambar III.14 Aki Kering.....	III-13
Gambar III.15 CAD Dudukan Laptop .....	III-13
Gambar III.16 CAD Wadah Sumber Tenaga.....	III-14
Gambar III.17 CAD Penyangga Sensor <i>Optocoupler</i> .....	III-15
Gambar III.18 CAD Assembly <i>Mobile Robot</i> .....	III-15
Gambar III.19 Model Akhir <i>Mobile Robot</i> .....	III-16
Gambar III.20 Tampilan GUI Keseluruhan .....	III-17

Gambar III.21 Aliran Kerja Algoritma Sistem Kendali .....	III-18
Gambar III.22 Tampilan GUI Algoritma Sistem Kendali.....	III-19
Gambar III.23 Diagram Alir Perintah Gerak Maju .....	III-21
Gambar III.24 Arah Perintah Gerak Maju .....	III-21
Gambar III.25 Diagram Alir Perintah Gerak Mundur.....	III-22
Gambar III.26 Arah Perintah Gerak Mundur.....	III-22
Gambar III.27 Diagram Alir Perintah Berputar Kekanan.....	III-23
Gambar III.28 Arah Perintah Berputar Kekanan.....	III-23
Gambar III.29 Diagram Alir Perintah Berputar Kekiri.....	III-24
Gambar III.30 Arah Perintah Gerak Berputar Kekiri .....	III-24
Gambar III.31 Diagram Alir Perintah belok kanan $10^{\circ}$ .....	III-25
Gambar III.32 Arah Perintah Gerak Belok Kanan $10^{\circ}$ .....	III-26
Gambar III.33 Diagram Alir Perintah Belok Kiri $10^{\circ}$ .....	III-26
Gambar III.34 Arah Perintah Gerak Belok Kiri $10^{\circ}$ .....	III-27
Gambar III.35 Diagram Alir Perintah belok kanan $90^{\circ}$ .....	III-27
Gambar III.36 Arah Perintah Gerak Belok Kanan $90^{\circ}$ .....	III-28
Gambar III.37 Diagram Alir Perintah Belok Kiri $90^{\circ}$ .....	III-28
Gambar III.38 Arah Perintah Gerak Belok Kiri $90^{\circ}$ .....	III-29
Gambar III.39 Diagram Alir Perintah Memberhentikan Pergerakan.....	III-29
Gambar III.40 Grafik Kalibrasi Motor DC Kiri.....	III-31
Gambar III.41 Grafik Kalibrasi Motor DC Kanan.....	III-32
Gambar III.42 Diagram Alir Fungsi Keamanan.....	III-34
Gambar III.43 Aliran Kerja Algoritma Penangkapan Gambar Digital .....	III-37
Gambar III.44 GUI Penangkapan Gambar Digital .....	III-38
Gambar III.45 Kondisi Awal Gambar Setelah Proses <i>Cropping</i> .....	III-39
Gambar III.46 Tampilan Gambar <i>Panoramic</i> Depan .....	III-40
Gambar III.47 <i>Cropping</i> Gambar <i>Panoramic</i> .....	III-41
Gambar III.48 Aliran Kerja Pemetaan dan Pengukuran.....	III-44
Gambar III.49 GUI Pemetaan dan Pengukuran.....	III-45
Gambar III.50 Denah Uji Pengenalan Kondisi Lorong .....	III-56
Gambar III.51 Pengenalan Kondisi Lorong Sudut 1 .....	III-57
Gambar III.52 Pengenalan Kondisi Lorong Sudut 2 .....	III-57
Gambar III.53 Pengenalan Kondisi Lorong Sudut 3 .....	III-58
Gambar III.54 Pengenalan Kondisi Lorong Sudut 4 .....	III-58

Gambar III.55 Pengenalan Kondisi Lorong Sudut 3 .....	III-59
Gambar III.56 Denah Uji Coba 1 .....	III-60
Gambar III.57 Uji Coba 1 .....	III-60
Gambar III.58 Pemetaan Uji Coba 1 .....	III-61
Gambar III.59 Denah Uji Coba 2.....	III-61
Gambar III.60 Uji Coba 2 .....	III-62
Gambar III.61 Pemetaan Uji Coba 2 .....	III-63
Gambar III.62 Denah Uji Coba 3.....	III-63
Gambar III.63 Uji Coba 3 .....	III-64
Gambar III.64 Pemetaan Uji Coba 3 .....	III-64
Gambar III.65 Denah Uji Coba 4.....	III-65
Gambar III.66 Uji Coba 4 .....	III-65
Gambar III.67 Pemetaan Uji Coba 4 .....	III-66
Gambar III.68 Denah Uji Coba 5.....	III-67
Gambar III.69 Uji Coba 5 .....	III-67
Gambar III.70 Pemetaan Uji Coba 5 .....	III-68
Gambar III.71 Denah Uji Coba 6.....	III-69
Gambar III.72 Uji Coba 6 .....	III-69
Gambar III.73 Pemetaan Uji Coba 6 .....	III-70
Gambar IV.1 Sudut Ruang Pemetaan.....	IV-9
Gambar IV.2 Kesalahan Kasus Kondisi Lorong .....	IV-10
Gambar IV.3 Kesalahan Pengenalan Kondisi Lorong .....	IV-11
Gambar IV.4 Perbandingan Denah Pertama.....	IV-12
Gambar IV.5 Perbandingan Denah Kedua.....	IV-12
Gambar IV.6 Perbandingan Denah Ketiga.....	IV-13
Gambar IV.7 Perbandingan Denah Keempat.....	IV-14
Gambar IV.8 Perbandingan Denah Kelima .....	IV-15
Gambar IV.9 Perbandingan Denah Keenam.....	IV-16
Gambar IV.10 Penanda Pada Denah.....	IV-17
Gambar IV.11 <i>Error Sensor Ultrasonic</i> .....	IV-18

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran A *Source Code* Program Matlab
- Lampiran B *Source Code* Program Arduino
- Lampiran C Data Hasil Uji Coba

# BAB I

## PENDAHULUAN

Bab I merupakan pendahuluan dari perancangan *mobile robot*. Bab I membahas mengenai latar belakang perancangan *mobile robot* hingga metodologi perancangan yang digunakan pada penelitian. Bagian ini terdiri atas 7 sub bab.

### I.1 Latar Belakang Masalah

Dewasa ini perkembangan teknologi telah meningkat dengan sangat pesat. Perkembangan tersebut menciptakan berbagai macam alat yang dapat membantu manusia dalam melaksanakan tugasnya. Salah satu alat mekanik yang diciptakan untuk membantu pekerjaan manusia adalah robot. Robot merupakan alat yang diciptakan dan dikendalikan oleh manusia untuk membantu manusia dalam mengerjakan pekerjaan fisik. Seiring berkembangnya zaman, peneliti banyak mengembangkan berbagai jenis robot, dimana salah satunya merupakan *mobile robot*. *Mobile robot* merupakan robot yang dilengkapi dengan sistem gerak yang memungkinkan robot untuk berpindah posisi dari suatu titik koordinat menuju titik koordinat lain.

Menurut Nickerson et al. (1998), terdapat banyak kegiatan dalam dunia industri dimana robot dapat digunakan untuk mengurangi beban kerja manusia dan risiko kerja manusia sekaligus meningkatkan produktivitas kerja. Pekerjaan yang dapat dilakukan oleh robot pada dunia industri diantaranya adalah pengaturan *material handling*, membersihkan dan melakukan perawatan pada area yang mengandung zat radio aktif, dan melakukan inspeksi produk. Salah satu contoh penggunaan robot pada bidang industri merupakan pembuatan *Autonomous Robot for a Known Environment (ARK)* yaitu *mobile robot* dengan kemampuan navigasi pada kawasan industri tanpa bantuan *landmark* apapun (Nickerson et al., 1998). Pada umumnya *mobile robot* yang bergerak secara *autonomus* akan dipandu dengan menggunakan *landmark* atau tanda yang berfungsi sebagai alat untuk robot mengambil keputusan dalam bergerak. Dalam pembuatan ARK, *mobile robot* dirancang untuk dapat memetakan lingkungan

tempat *mobile robot* dijalankan. Sensor yang digunakan pada ARK merupakan sensor *laser eye* yang digunakan untuk mengetahui lokasi robot pada lingkungan industri. Dengan memetakan dan mengetahui lokasi *mobile robot* dijalankan, robot dapat mengambil keputusan dalam melakukan pergerakan. Tujuan utama dibuatnya ARK adalah untuk mengatasi masalah-masalah yang terjadi pada lingkungan industri secara cepat.

Sistem kendali pada *mobile robot* dapat berupa sistem kendali otomatis dan sistem kendali manual yang dilakukan oleh operator. Sistem kendali otomatis seringkali lebih mahal bila dibandingkan dengan sistem kendali manual. Sistem kendali manual dapat dilakukan oleh operator dengan menggunakan sistem kendali jarak jauh secara *wireless*. Sistem kendali manual dari jarak jauh disebut juga sistem kendali *teleoperation*. *Teleoperation* adalah proses melakukan pekerjaan dari jarak jauh. Pada sistem kendali *teleoperation*, operator membutuhkan gambaran mengenai lingkungan tempat *mobile robot* dijalankan agar operator dapat mengendalikan *mobile robot* dengan baik. Untuk memberikan gambaran pada operator mengenai lingkungan disekitar *mobile robot* diberikan berbagai sensor pada *mobile robot*. Salah satu sensor yang sering digunakan untuk memberikan informasi visual kepada operator merupakan *sensor* kamera yang berfungsi untuk menangkap gambar. Gambar tersebut akan diberikan kepada operator yang mengendalikan robot dari jarak jauh.

Sistem kendali *teleoperation* memiliki banyak kegunaan dalam kehidupan manusia saat ini. Menurut Vertut dan Coiffet (1985), sistem kendali *teleoperation* dapat digunakan dalam bidang nuklir, bidang dasar laut, bidang luar angkasa, bidang medis, bidang industri, dan bidang keamanan warga sipil. *Mobile robot* dengan sistem kendali *teleoperation* digunakan pada bidang nuklir, luar angkasa, bidang industri, dan bidang keamanan warga sipil. Dalam bidang nuklir, *mobile robot* dengan sistem kendali *teleoperation* digunakan untuk memetakan lingkungan dan memetakan radiasi pada tempat dengan tingkat radiasi tinggi. Hal ini ditujukan agar manusia tidak perlu terpapar radiasi dalam melakukan pemetaan. Dalam bidang luar angkasa, *mobile robot* dengan sistem kendali *teleoperation* digunakan untuk memetakan lingkungan planet tempat *mobile robot* dijalankan. Hal ini ditujukan untuk melakukan eksplorasi luar angkasa. Dalam bidang industri *mobile robot* dengan sistem kendali

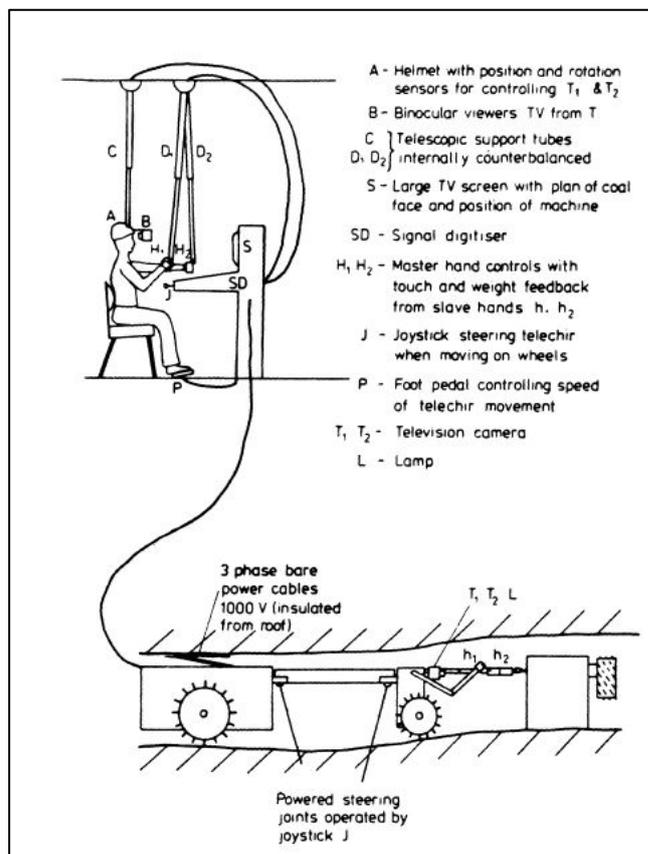
*teleoperation* dapat digunakan untuk mengerjakan pekerjaan pada lingkungan dengan saluran listrik tegangan tinggi. *Mobile robot* akan dilengkapi dengan peralatan tambahan seperti tangan yang digunakan untuk melakukan pekerjaan seperti layaknya manusia. Manusia yang bekerja pada lingkungan dengan saluran listrik tegangan tinggi memiliki potensi besar terkena kanker. Dalam bidang keamanan warga sipil *mobile robot* dengan sistem kendali *teleoperation* dapat digunakan sebagai robot otomatis untuk memadamkan api. *Mobile robot* dengan kemampuan ini pertama kali dikembangkan di Jepang, dimana *mobile robot* dilengkapi dengan selang dan nosel yang memungkinkan untuk menembakan air dengan tekanan tinggi. *Mobile robot* pemadam api ini akan lebih mudah mengakses beberapa tempat yang tidak dapat diakses oleh manusia ketika kebakaran berlangsung.

## **I.2 Identifikasi dan Rumusan Masalah**

*Mobile robot* dengan sistem kendali *teleoperation* dari jarak jauh memiliki banyak fungsi, salah satunya adalah untuk melakukan eksplorasi lingkungan berbahaya yang tidak dapat dimasuki oleh manusia. Menurut Szanto, Marton, Haller, dan Gyorgy (2013), *mobile robot* yang dikendalikan secara *teleoperation* dari jarak jauh berguna untuk melaksanakan suatu tugas yang membutuhkan pola pikir manusia pada suatu lingkungan berbahaya yang tidak dapat diakses oleh manusia. *Mobile robot* dengan sistem kendali *teleoperation* dapat melakukan eksplorasi tempat sekaligus pengambilan data lingkungan sekitar tempat eksplorasi yang dilalui oleh robot. Cara pengambilan informasi lingkungan oleh *mobile robot* dapat dilakukan dengan penangkapan gambar visual dengan kamera dan fungsi pemetaan lingkungan. Fungsi pemetaan robot merupakan pengumpulan informasi yang dilakukan dengan menggunakan sensor pada robot menjadi sebuah representasi gambar. Di dunia terdapat beberapa tempat berbahaya yang tidak dapat diakses oleh manusia secara langsung, seperti tempat dengan tingkat radiasi tinggi dan tempat dengan medan magnet yang tinggi. Manusia seringkali membutuhkan informasi mengenai lingkungan berbahaya yang tidak dapat diakses secara langsung.

Saat ini terdapat banyak lokasi yang belum dapat diketahui tingkat keamanannya bagi manusia untuk dimasuki. Untuk mengetahui tingkat keamanan lokasi tersebut, perlu dilakukan survey lokasi untuk mengetahui

apakah terdapat kandungan berbahaya seperti radiasi, gas beracun, atau medan magnet tinggi. Informasi lingkungan dapat digunakan untuk melakukan survey lokasi sehingga dapat diketahui tingkat keamanan lokasi tersebut. Fungsi pemetaan *mobile robot* dapat digunakan untuk memetakan tempat tersebut sehingga operator dapat mengetahui kondisi lingkungan disekitar *mobile robot* sekaligus posisi *mobile robot* berada secara *real time*. Salah satu tempat berbahaya yang perlu diakses oleh manusia dan dipetakan merupakan tempat pertambangan. Menurut Vertut dan Coiffet (1985), *Mobile robot* dengan sistem kendali *teleoperation* sering digunakan untuk melakukan proses penggalian pada daerah tambang. Daerah pertambangan, khususnya daerah galian memiliki dua macam bahaya bagi manusia yaitu debu dan tanah yang rawan longsor ketiga galian dilakukan. Gambar I.1 merupakan gambar aplikasi *teleoperation* pada daerah pertambangan dengan menggunakan *mobile robot* yang dilengkapi alat pertambangan.



Gambar I.1 *Teleoperation Mining*  
 (Sumber: Vertut dan Coiffet, 1985)

Penelitian mengenai *mobile robot* sudah banyak dilakukan saat ini. Salah satu penelitian *mobile robot* dengan kemampuan pemetaan dilakukan pada Carnegie Mellon University, Pittsburgh. Penelitian dilakukan oleh Sebastian Thrun dan Arno Bucken (1996) yang berisikan proses pemetaan untuk ruangan *indoor* dengan menggunakan *mobile robot*. Menurut Thrun dan Bucken (1996), pembuatan peta untuk lingkungan *indoor* dapat dilakukan dengan dua macam cara yaitu secara *grid-based* dan *topological*. Pemetaan secara *grid-based* memakan waktu lebih cepat dibandingkan *topological*, akan tetapi hasil pemetaan secara *topological* lebih akurat dan konsisten. Pemetaan dilakukan dengan menggunakan *infrared sensor* yang dipasang pada *mobile robot*. Sistem kendali yang digunakan pada *mobile robot* pada penelitian ini adalah sistem kendali otomatis. Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk menggabungkan kedua jenis pemetaan dimana *grid-based map* dijadikan sebagai dasar dalam pembuatan *topological map*. Menurut Thrun dan Bucken (1996), proses pembuatan *topological map* yang dilakukan dari nol dapat mengakibatkan peta yang dibuat menjadi ambigu.

Penelitian selanjutnya merupakan penelitian yang dibuat oleh Kalmegh Samra, dan Rasegaonkar (2010) dengan tujuan menghindari objek dengan bantuan sensor jarak *ultrasonic sensor* ketika *mobile robot* melakukan eksplorasi. Menurut Kalmegh et al. (2010), kemampuan menghindari objek merupakan suatu kebutuhan utama untuk seluruh *mobile robot*. Sebelum dapat menghindari objek, robot harus mampu melakukan proses pemetaan sederhana terlebih dahulu dengan menggunakan *ultrasonic sensor*. Melalui pemetaan sederhana yang dilakukan, dapat diketahui informasi objek yang berada di sekitar robot. Informasi tersebut disimpan dan diolah sehingga robot dapat menghindari objek yang berada pada lingkungan.

Terdapat penelitian lain mengenai sistem kendali *mobile robot* dengan menggunakan *Mobile Communication* oleh Abdalla, Debnath, Khan, dan Ismail (2015). Sistem kendali yang digunakan merupakan sistem kendali dengan menggunakan *keypad* pada *mobile phone* dengan mengarahkan *mobile robot* menuju lokasi yang dituju. Menurut Abdalla et al. (2015), sistem komunikasi yang baik antara robot dengan pengguna akan meningkatkan kemampuan dan fleksibilitas dari *mobile robot*. Sistem kendali dirancang untuk menghubungkan robot dengan *mobile phone* menggunakan jaringan *Global System for Mobile*

*Communication* (GSM). Sistem kendali ini dikembangkan untuk digunakan ketika keberadaan manusia pada suatu area tertentu tidak dapat dilakukan, sehingga digunakan *mobile robot* sebagai pengganti manusia.

Penelitian mengenai *mobile robot* dan perancangan algoritma robot telah dilakukan pada Program Studi Teknik Industri Universitas Katolik Parahyangan. Dari beberapa penelitian yang ada, terdapat tiga penelitian yang digunakan dan dikembangkan dalam membuat *mobile robot* dengan fungsi pemetaan dan sistem kendali *wireless*. Penelitian yang digunakan merupakan penelitian yang dibuat oleh Helena Angelina (2005), Mellisa (2010), dan Alfrans Setyo Pratama (2010). Pada ketiga penelitian tersebut masih terdapat beberapa kekurangan yang akan diperbaiki pada penelitian kali ini. *Mobile robot* yang digunakan pada penelitian ini merupakan *mobile robot* yang digunakan pada penelitian sebelumnya oleh Helena Angelina. Jenis *mobile robot* yang digunakan merupakan *differential wheeled robot* dengan rangka besi serta alat gerak utama menggunakan satu unit roda hidup dan dua unit roda utama. *Microcontroller* yang digunakan pada robot merupakan arduino. Komponen yang dipasang pada robot merupakan *webcam* dan sensor *ultrasonic*. Aktuator yang digunakan adalah motor DC. Sistem kendali untuk robot berada di dalam sebuah laptop atau PC.

Penelitian pertama berisikan perancangan sistem kendali *mobile robot* dengan menggunakan sistem teleoperasi (Angelina, 2005). Sistem kendali yang dibuat merupakan sistem kendali *open-loop control* yang terdiri dari tiga sistem utama yaitu sistem penginderaan *mobile robot*, sistem kendali *mobile robot*, dan sistem gerak *mobile robot*. Sistem penginderaan dirancang dengan menggunakan perangkat keras kamera dan sensor *ultrasonic*. Sistem kendali dan sistem gerak dirancang dengan menggunakan algoritma yang memungkinkan *input* data yang berasal dari *joystick* diolah menjadi *output* pada sistem gerak *mobile robot*. Sistem gerak *mobile robot* yang digunakan berupa satu unit roda hidup dan dua unit roda utama dengan motor DC pada kedua roda utama. Pada penelitian ini terdapat beberapa kekurangan. Kekurangan pertama adalah terbatasnya gerakan yang dapat dilakukan dengan menggunakan *input* perintah melalui *joystick* yang digunakan sebagai alat kendali. Sistem kendali jarak jauh yang dirancang masih tidak dapat berfungsi ketika robot berada pada jarak terlalu jauh. Pada penelitian ini, sensor kamera yang digunakan hanya

dapat memberikan informasi visual yang berada pada bagian depan *mobile robot* kepada operator sehingga operator belum mendapatkan gambaran lingkungan sepenuhnya. Pada penelitian ini, belum dikembangkannya sebuah sistem keamanan pada setiap arah gerak *mobile robot*. Hal tersebut menyebabkan *mobile robot* yang dikendalikan dapat menabrak objek fisik ketika pengguna tidak teliti dalam mengendalikan robot.

Penelitian kedua yang digunakan merupakan penelitian yang berisikan perancangan algoritma pengenalan kondisi pada lorong (Mellisa, 2010). Pengenalan kondisi lorong dilakukan dengan menggunakan perangkat keras berupa *omnidirectional vision sensor*. *Omnidirectional vision sensor* merupakan sensor kamera yang memungkinkan penangkapan gambar dengan sudut pandang 360°. *Input* data yang masuk merupakan data gambar *image* yang akan diolah lebih lanjut menjadi data *panoramic image* yang membagi gambar *image* menjadi empat kuadran yang berisikan informasi kondisi lorong. Dari hasil penelitian yang dilakukan, terdapat 12 jenis kondisi lorong yang dapat dikenali dengan menggunakan *omnidirectional vision sensor*. Kondisi lorong dapat dibedakan dengan melakukan pengecekan garis *vertical* dan *nonvertical* yang terdapat pada gambar. Algoritma ini tidak dapat diterapkan pada lingkungan dengan dinding dan lantai yang memiliki corak atau garis lain yang dapat mengganggu jalannya pembacaan warna oleh algoritma.

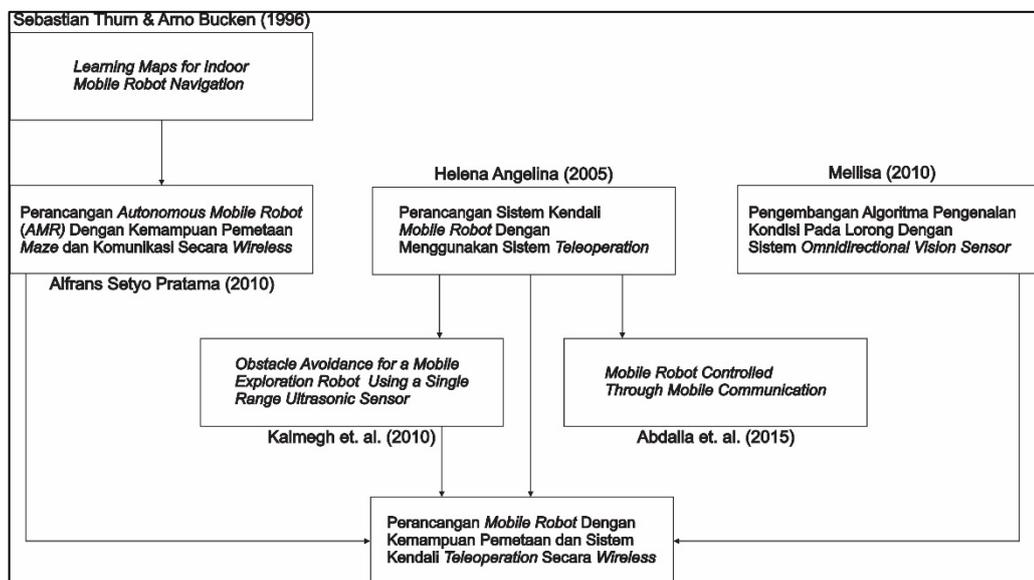
Penelitian ketiga yang digunakan berisikan perancangan *Autonomous Mobile Robot* dengan algoritma untuk pemetaan *maze* (Pratama, 2010). Pemetaan dilakukan dengan menggunakan sistem penginderaan yang berkaitan dengan fungsi *Autonomous mobile robot* untuk memetakan *maze*. Sensor yang digunakan pada penelitian yaitu sensor *ultrasonic* DT Sense USIRR. Pada penelitian ini, algoritma yang diambil dan dikembangkan merupakan algoritma penyimpanan informasi berupa posisi dinding dalam bentuk sel. Data informasi dinding disimpan dalam 8 bit larik dua dimensi. Koordinat yang digunakan merupakan koordinat dua dimensi dengan sumbu x dan sumbu y. Ukuran yang dipetakan ditampilkan dalam bentuk sel, dimana satu sel memiliki ukuran 45cm x 45cm. Sistem kendali yang digunakan pada robot merupakan mikrokontroler dengan kapasitas memori penyimpanan sebesar 20x20 sel, akan tetapi pemetaan yang dilakukan hanya sebatas pada *maze* dengan ukuran maksimum sebesar 8x8 sel karena keterbatasan ruang ketika penelitian dilakukan.

Beberapa penelitian yang dilakukan pada Program Studi Teknik Industri Universitas Katolik Parahyangan hanya dibuat hingga tahap pembuatan algoritma. Penelitian pertama milik Helena Angelina (2005) merupakan penelitian utama yang akan dikembangkan. Dibandingkan dengan penelitian sebelumnya, penelitian yang akan dikembangkan kali ini akan terfokus untuk mengendalikan *mobile robot* secara *teleoperation* dari jarak jauh dengan menggunakan media *wireless local area network* (WLAN). Penelitian kali ini juga ingin memudahkan operator dalam mengendalikan *mobile robot* dari jarak jauh dengan memberikan gambaran mengenai lingkungan tempat *mobile robot* dijalankan kepada operator. Gambaran lingkungan diberikan pada operator dalam bentuk gambar visual dan peta dua dimensi.

Pada penelitian, penginderaan visual *mobile robot* akan dikembangkan dengan mengubah sensor kamera biasa menjadi sensor kamera dengan kemampuan sudut pandang 360°. Hal ini dilakukan dengan tujuan memudahkan operator melihat secara visual keadaan lingkungan disekitar *mobile robot*. Sensor kamera yang digunakan merupakan *omnidirectional vision sensor*. Pada *omnidirectional vision sensor* diterapkan algoritma pengenalan kondisi lorong yang sudah pernah dirancang sebelumnya. Penerapan algoritma pengenalan kondisi lorong masih belum dilakukan ketika algoritma dirancang saat itu karena keterbatasan sumber daya yang ada. Ketika algoritma pengenalan kondisi lorong dirancang oleh Mellisa (2010), penerapan dilakukan secara konvensional dengan menggunakan gambar mati yang diambil dalam interval waktu tertentu. Penelitian yang dilakukan oleh Alfrans Setyo Pratama (2010) digunakan sebagai referensi untuk membuat peta lingkungan tempat robot dijalankan pada penelitian kali ini. Pada penelitian tersebut robot yang dirancang memiliki kemampuan memetakan lingkungan sekitar pada peta dua dimensi. Dengan adanya peta, operator dapat mengetahui adanya objek padat pada lingkungan sekitar *mobile robot*.

Dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Sebastian Thrun dan Arno Bucken (1996), penelitian yang dilakukan saat ini memiliki fungsi pemetaan dengan menggunakan sensor *ultrasonic* dimana peta yang dibuat akan dilengkapi dengan ukuran ruangan tempat robot dijalankan. Perbedaan lainnya juga terdapat pada *mobile robot* yang digunakan, dimana penelitian yang dilakukan kali ini menggunakan *mobile robot* yang dikendalikan secara manual dengan sistem kendali *teleoperation*. *Mobile robot* yang dibuat akan dirancang

agar tidak menabrak objek pada lingkungan dimana robot dapat mendeteksi adanya objek pada lingkungan dengan menggunakan sensor *ultrasonic*, seperti penelitian yang dilakukan Kalmegh et al. (2010). Sistem kendali yang digunakan untuk *mobile robot* merupakan sistem kendali *teleoperation* secara *wireless* yang dilakukan dengan menggunakan perangkat keras komputer atau laptop yang menjadi tempat algoritma dijalankan. Media penghubung yang digunakan pada robot dengan komputer atau laptop merupakan *wireless local area network* (WLAN). Sistem kendali ini berbeda dengan rancangan sistem kendali yang dirancang oleh Abdalla et. al. (2015) dimana rancangan sistem kendali yang dibuat merupakan sistem kendali *teleoperation* dengan menggunakan *keypad mobile phone* melalui jaringan GSM. Gambar kronologi penelitian yang dilakukan dengan referensi ketiga penelitian yang dilakukan di luar Universitas Katolik Parahyangan dan referensi ketiga penelitian di dalam Universitas Katolik Parahyangan dapat dilihat pada Gambar I.2.



Gambar I.2 Kronologi Penelitian

Dalam merancang *mobile robot* dengan kemampuan pemetaan dan sistem kendali *wireless* terdapat tiga macam algoritma yang diambil dari penelitian sebelumnya yang berasal dari Universitas Katolik Parahyangan dan dikembangkan sesuai dengan kebutuhan dari *mobile robot* yang akan dibuat. Ketiga algoritma akan disatukan dan dikembangkan dengan menggunakan *software* MATLAB. Algoritma pertama merupakan algoritma sistem kendali yang

berisikan sistem kendali menggunakan sistem *teleoperation*. Algoritma kedua merupakan algoritma penangkapan gambar digital yang berisikan penangkapan gambar *image* yang dilakukan dengan menggunakan perangkat keras *webcam*. Algoritma ketiga merupakan algoritma pemetaan dan pengukuran yang berisikan fungsi pemetaan dan pengukuran dengan menggunakan sensor *ultrasonic*. Robot dibuat mampu berkomunikasi dengan laptop atau PC melalui media *local area network*. Ketika robot dan laptop berada pada satu *local area network* yang sama, ketiga algoritma yang dirancang dapat digunakan.

Algoritma sistem kendali merupakan algoritma yang berisikan sistem kendali robot dengan menggunakan sistem *teleoperation* secara *wireless*. Alat kendali yang digunakan merupakan sebuah *keyboard* yang ada pada laptop atau PC tempat algoritma dijalankan. Pada algoritma sistem kendali, dikembangkan algoritma keamanan yang berfungsi untuk mencegah terjadinya tabrakan antara robot dengan objek yang berada pada jalur gerak robot. Fungsi keamanan dibuat menggunakan bantuan penginderaan dengan sensor *ultrasonic*.

Algoritma penangkapan gambar digital dilakukan dengan menggunakan perangkat keras *webcam* yang dipasang pada robot. *Webcam* berfungsi untuk menangkap gambar dalam bentuk video dan memberikan gambar kepada pengguna secara langsung. Melalui *webcam*, pengguna dapat mengetahui keadaan lingkungan disekitar robot secara langsung ketika pengguna mengendalikan robot dari jarak jauh. Proses penangkapan gambar dilakukan secara *digital* dengan menampilkan gambar dalam bentuk *image* melalui video yang direkam secara terus menerus oleh *webcam*. Gambar digital dalam bentuk *image* yang ditampilkan kepada pengguna akan terus diperbaharui dalam selang waktu tertentu.

Algoritma pemetaan dan pengukuran dilakukan dengan menangkap kondisi lingkungan menggunakan sensor *ultrasonic*. Sensor bekerja dengan menembakan suara berfrekuensi tinggi dimana suara yang mengenai benda padat disekitar robot akan dipantulkan kembali menuju robot dan menjadi *feedback* untuk robot. *Feedback* yang diterima akan dipetakan langsung pada layar laptop atau PC. Proses pemetaan digambarkan secara 2 dimensi dalam bentuk *maze* secara *grid based*. Proses pengukuran dapat di eksekusi ketika proses pemetaan selesai dilakukan.

Dari identifikasi masalah diatas, didapatkan beberapa rumusan masalah. Berikut merupakan rumusan masalah yang didapat.

1. Bagaimana perancangan model fisik *mobile robot* sehingga robot dapat menjalankan ketiga algoritma yang telah dirancang?
2. Bagaimana perancangan algoritma sistem kendali sehingga robot dapat dikendalikan dengan sistem *teleoperation* secara *wireless* dan memiliki fungsi keamanan agar tidak menabrak dengan objek pada lingkungan?
3. Bagaimana hasil penerapan algoritma penangkapan gambar digital sehingga robot dapat mengenali kondisi lorong pada lingkungan dengan sistem lorong?
4. Bagaimana perancangan algoritma pemetaan dan pengukuran sehingga robot dapat memetakan lingkungan sekaligus mengukur lingkungan yang dipetakan?
5. Bagaimana cara menerapkan ketiga algoritma yang telah dirancang pada sebuah *mobile robot* melalui media *wireless local area network*?

### **I.3 Pembatasan Masalah dan Asumsi**

Penelitian ini dibatasi pada beberapa hal karena keterbatasan dalam pelaksanaannya. Selain itu, pembatasan ini juga dilakukan agar penelitian dapat dilakukan dengan lebih fokus dan tidak menyimpang dari tujuan penelitian. Pembatasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini, antara lain :

1. Sebagian besar *hardware* yang digunakan merupakan *hardware* dari penelitian sebelumnya yang belum diganti karena keterbatasan biaya.
2. Gerakan berubah arah pada *mobile robot* dibatasi dengan sudut  $90^{\circ}$ .
3. Ruang yang dipetakan hanya ruangan dengan bentuk kotak.
4. Lantai tempat pengujian *mobile robot* hanya sebatas lantai bidang datar tanpa adanya tanjakan dan turunan.

Dalam penelitian yang dilakukan, digunakan beberapa asumsi. Asumsi digunakan untuk membuat penelitian lebih mudah dengan memberikan estimasi terhadap beberapa kasus tertentu. Asumsi yang digunakan pada penelitian ini, antara lain :

1. Tidak terjadi *slip* antara roda robot dengan lantai.
2. Arah depan dari robot selalu dianggap sebagai arah utara.
3. Robot selalu menghadap arah utara ketika pemetaan dimulai.

4. Tidak terdapat objek dinamis pada lokasi pengujian *mobile robot*.

#### **I.4 Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dideskripsikan, dapat dipaparkan tujuan penelitian. Berikut merupakan tujuan dilakukannya penelitian.

1. Merancang model fisik *mobile robot* sehingga robot dapat menjalankan ketiga algoritma yang telah dirancang.
2. Merancang algoritma sistem kendali sehingga robot dapat dikendalikan dengan sistem *teleoperation* secara *wireless* dan memiliki fungsi keamanan agar tidak menabrak dengan objek pada lingkungan.
3. Menerapkan algoritma penangkapan gambar digital sehingga robot dapat mengenali kondisi lorong pada lingkungan dengan sistem lorong.
4. Merancang algoritma pemetaan dan pengukuran sehingga robot dapat memetakan lingkungan sekaligus mengukur lingkungan yang dipetakan.
5. Menerapkan ketiga algoritma yang telah dirancang pada sebuah *mobile robot* melalui media *wireless local area network*.

#### **I.5 Manfaat Penelitian**

Dari penelitian yang dilakukan terdapat beberapa manfaat untuk berbagai pihak. Berikut merupakan manfaat yang diperoleh dari dilakukannya penelitian.

1. Meningkatkan wawasan dan pengetahuan pembaca mengenai *mobile robot*.
2. Menambah referensi yang dapat digunakan dalam penelitian mengenai *mobile robot* oleh masyarakat.
3. Menciptakan *mobile robot* yang dapat digunakan sebagai alat pembelajaran pada Fakultas Teknologi Industri Universitas Katolik Parahyangan.

#### **I.6 Metodologi Penelitian**

Sub bab ini berisikan metodologi penulisan yang dilakukan untuk penyusunan penelitian. Metodologi penelitian dibuat agar penelitian yang dilakukan menjadi lebih tersusun dan sistematis. Berikut merupakan metodologi yang digunakan pada penelitian.

1. Studi Literatur

Penelitian yang dilakukan dimulai dari studi literatur. Studi literatur merupakan pengumpulan informasi terkait dengan *mobile robot* dan fungsi pemetaan pada *mobile robot*. Sebagian besar literatur yang digunakan merupakan penelitian sebelumnya yang sudah dilakukan pada Universitas Katolik Parahyangan.

2. Identifikasi dan Perumusan Masalah

Setelah dilakukan studi literatur, dilakukan identifikasi dan perumusan masalah yang ada pada penelitian. Masalah yang diangkat merupakan pembuatan *mobile robot* dengan kemampuan pemetaan dengan mengembangkan data yang diperoleh dari penelitian sebelumnya. Berdasarkan identifikasi masalah, dibuat rumusan masalah penelitian.

3. Pembatasan Masalah dan Asumsi

Tahap selanjutnya diberikan pembatasan masalah yang ditinjau serta asumsi yang digunakan. Pembatasan masalah dan asumsi digunakan agar penelitian yang dilakukan lebih terfokus terhadap rumusan masalah yang didapat.

4. Penentuan Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tahap berikutnya merupakan penentuan tujuan dan manfaat dari penelitian. Penentuan tujuan dilakukan untuk menjawab rumusan masalah yang ada. Penentuan manfaat dilakukan untuk mengetahui manfaat dari penelitian bagi penulis dan lingkungan sekitar.

5. Perancangan Perangkat Keras *Mobile Robot*

Sebelum melakukan perancangan algoritma, dibuat perancangan perangkat keras *mobile robot*. *mobile robot* yang digunakan memiliki rangka besi dengan tiga roda sebagai sistem gerak. Perancangan perangkat keras pada robot meliputi *microcontroller*, sensor, dan aktuator yang dipasang pada robot. *Microcontroller* yang digunakan merupakan arduino uno, sensor yang digunakan merupakan sensor *ultrasonic* dan *tachometer*, dan aktuator yang digunakan adalah motor DC.

6. Perancangan Algoritma

Perancangan algoritma dilakukan dengan merancang tiga algoritma untuk *mobile robot*. Algoritma yang dirancang merupakan pengembangan dan penerapan dari algoritma pada penelitian sebelumnya. Ketiga algoritma dirancang sesuai dengan kegunaan *mobile robot* yang akan dibuat.

7. Penerapan Algoritma Pada *Mobile Robot*

Setelah Algoritma dan robot sudah dirancang, algoritma akan diterapkan pada *mobile robot*. Penerapan dilakukan ketika robot dan PC yang berisikan algoritma berada pada satu *local area network* yang sama.

8. Pengujian *Mobile Robot* dan *Algoritma*

Ketika Algoritma sudah diterapkan pada *mobile robot*, dilakukan pengujian terhadap seluruh fungsi *mobile robot* yang diharapkan. Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian sistem kendali *teleoperation* pada robot, penangkapan gambar *image* dan pengenalan kondisi lingkungan, dan fungsi pemetaan dan pengukuran ruangan secara 2D.

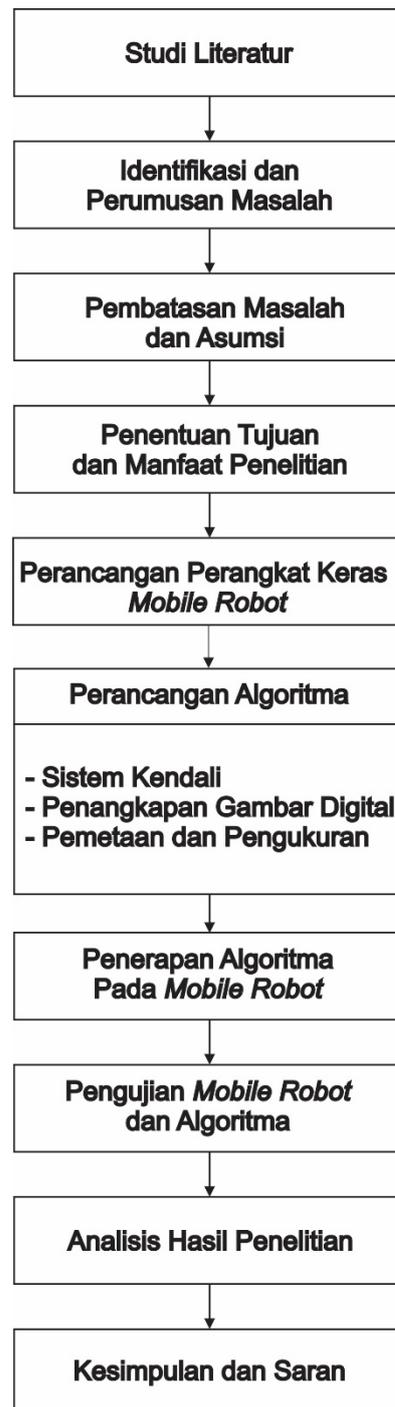
9. Analisis Hasil Penelitian

Analisis dilakukan untuk melihat hasil penelitian yang telah dilakukan. Analisis yang dilakukan meliputi analisis proses pembuatan algoritma dan *mobile robot* serta analisis hasil pengujian *mobile robot*. Pada tahap ini dilakukan pula evaluasi untuk mengetahui kelebihan dan kekurangan dari rancangan *mobile robot* yang telah dibuat.

10. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan dan Saran merupakan tahap akhir dari penelitian yang dilakukan. Kesimpulan berisikan ringkasan penelitian yang menjawab rumusan masalah penelitian. Saran berisikan saran untuk penelitian selanjutnya.

Untuk mempermudah proses pembacaan metodologi penelitian, diberikan gambar metodologi penelitian dalam bentuk gambar. Gambar metodologi penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar I.2.



Gambar I.3 Metodologi Penelitian

## I.7 Sistematika Penulisan

Sub bab ini berisikan sistematika penulisan yang diterapkan dalam membuat penelitian kali ini. Berikut merupakan urutan sistematika yang diterapkan dalam membuat laporan penelitian.

1. Bab I Pendahuluan

Bab I berisikan latar belakang dilakukannya penelitian beserta dengan identifikasi masalah dalam melakukan penelitian. Selanjutnya bab ini menjabarkan pembatasan masalah yang diteliti serta asumsi yang digunakan, tujuan dari penelitian serta manfaat dari penelitian. Bab I juga berisikan metodologi yang digunakan dalam melakukan penelitian beserta dengan sistematika penulisan yang digunakan.

2. Bab II Dasar Teori

Bab II berisikan landasan teori yang membantu pengumpulan data dan pengolahan data yang dilakukan. Landasan teori juga mencakup rumus-rumus yang digunakan pada penelitian. Teori yang digunakan merupakan teori yang sudah ada dan dianggap dapat menjawab permasalahan yang ada pada penelitian.

3. Bab III Perancangan Mobile Robot

Bab III berisikan penjelasan mengenai keseluruhan tahapan yang dilakukan selama penelitian. Tahapan tersebut dimulai dari penjabaran fungsi kerja *mobile robot*, perancangan fisik *mobile robot*, perancangan algoritma *mobile robot*, dan uji coba dari fungsi kerja *mobile robot*.

4. Bab IV Analisis

Bab IV berisikan analisa hasil perancangan *mobile robot* pada bab III sebelumnya. Analisa dilakukan untuk menemukan inti dari pengolahan data yang dilakukan beserta dengan kekurangan dan kelebihan dari perancangan *mobile robot* yang dilakukan ketika penelitian berlangsung.

5. Bab V Kesimpulan dan Saran

Bab V berisikan kesimpulan dan saran yang didapat dari dilakukannya penelitian. Kesimpulan merupakan jawaban dari rumusan masalah yang ditemukan. Saran merupakan usulan yang diberikan dalam melakukan pengembangan penelitian berikutnya